

電波通信観測所／衛星利用事業

Radio Communication Observatory / Satellite Utilization Project

秋山 演亮¹，富田 晃彦²，尾久土 正己³，佐藤 祐介¹，山口 耕司⁴

¹クロスカル教育機構，²教育学部，³観光学部，⁴災害科学・レジリエンス共創センター

1. これまでの実績

本学では2005年に発足した宇宙教育研究ネットワーク（生涯学習教育研究センター）が2006年にみさと天文台に8m電波望遠鏡を設置。2010年に宇宙教育研究所に改組後にその経験と技術を活かし、2011年には地元企業との連携により先例のない格安で大型（キャンパス内としては国内最大）の電波観測通信施設を設置し、電波観測ならびに衛星通信・運用を行ってきた。また2012年には超小型衛星RAIKOを国際宇宙ステーションから放出、2014年には50cm級衛星UNIFORM-1を打ち上げ（図1）、運用を実施している（文科省超小型衛星研究開発事業代表校として5年間で約15億円（内和歌山大配分学約2億1800万円））。地上局はその大きさや機動性が評価され、NASAが打ち上げたGNSS-R観測衛星群

CYGNSSの世界で4箇所ある受信局の1つとしても利用している（文科省宇宙関連基盤整備委託経費として和歌山大配分額約2300万円）。現在、みさと天文台の8m電波望遠鏡は地元自治体への移管作業を進めているが、キャンパス内の12m×1基・3m×2基は引き続き運用を続けており（図2）、また軌道上のUNIFORM-1衛星も打上6年を経てなお健在である（打上30年前後に軌道より落下予定）。

これらの活動により、外部資金獲得総額15億2300万円（本学配分2億4100万円）となっており、本学事業の中でも類を見ない大規模外部資金獲得の源泉となると同時に、外部からも衛星緊急運用協力依頼

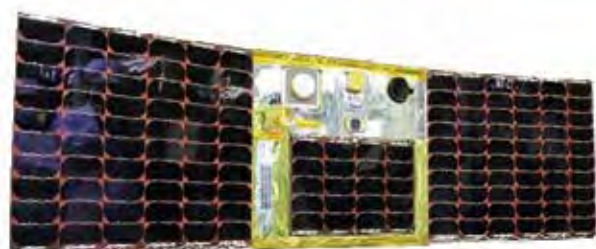


図1 上：UNIFORM-1，下：軌道放出されたRAKO（右）



図2 上：12m（X波受信／S波送受信），
左下：移動式3m（S波送受信），
右下：3m（X波受信／S波送受信）

や定常的な利用協力依頼に加えて、近隣高校生を対象とした電波天文学・通信技術に関する高大連携事業の中核施設として活動を行っている。

2. 2020年度の事業目的

和歌山大学が保有する電波通信観測技術および衛星運用技術を利用し防災／減災活動に寄与すると同時に、新しい利用／運用技術の開発を目的とした。また地域と連携し、民間出資と補助金により新規実用衛星の製造・打上を行い、産業振興・人材育成を目指した。同時にJAXAが進める月着陸探査機OMOTENASHIやその他の衛星緊急運用など、国内外の研究開発・実利用に寄与することで、投入された多額の国費に還元する事を目的とした。

併せて和歌山県が進める第三次産業技術基本計画の⑥IT・ソフトウェア・通信技術分野、⑦農業・林業・水産業分野、⑧航空・宇宙分野に寄与する。また地域の高校や企業等とも協力し、高大連携事業・産学連携事業の一環として、電波通信観測および衛星製造・運用・利用のための教育・人材育成・産業振興に貢献する事を目的とした。

3. 2020年度の活動実績

3.1 衛星運用

前年度に引き続き本学が保有するUNIFORM-1衛星の運用を、産業総合研究所と協力して実施した。当初設計寿命としては半年、オプションとして2年を想定していたが、軌道上で6年以上たった今も未だ基幹システムは健在である。打ち上げ直後に御嶽山

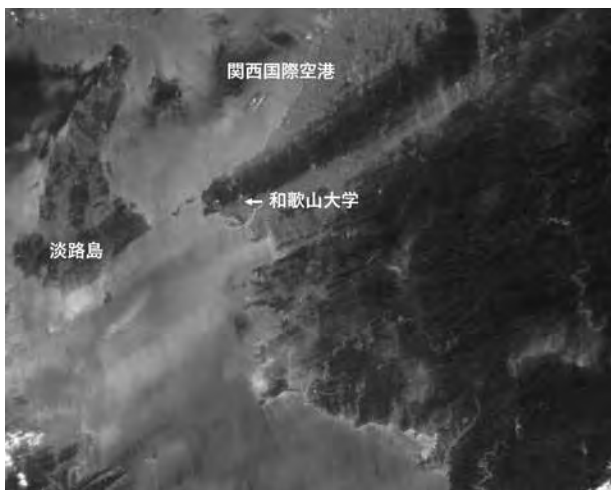


図3 UNIFORM-1撮影映画像(2021年3月17日)

の噴火早期観測等にも貢献した熱赤外カメラは耐用年数を過ぎ活動を停止し、また光ジャイロも耐用年数を超える運用により放射線による劣化により利用を停止している。このため姿勢制御に難があるが継続的に可視カメラによる撮影を行っており、2021年3月17日には和歌山大学上空での撮影にも成功した(図3)。

UNIFORM-1は今後も長期運用による搭載デバイス・衛星バスの軌道上実証を行うと同時に、学生教育や新規に参加する衛星運用事業者を対象とした人材育成に必要な教育ツールとしての活用を継続する予定である。

なお今年度はCYGNSSの受信要請、衛星緊急運用協力要請は無かったが、国内外の宇宙開発を安定的に支える基盤として、今後も体制を維持していきたい。

3.2 共同研究

JAXAでは2021年度秋以降に、世界最小となる月着陸探査機OMOTENASHI計画を進めている。通常運用はJAXAが所有するアンテナ群でも実施を予定していたが多くの探査機を運用する中で余裕がなく、また新規アンテナを建造する予算もないため、和歌山大学に共同研究の依頼が来た。和歌山大学では従来から深宇宙探査機との長距離通信やEME通信(月面反射通信)などを通じて、アマチュア無線家とも協力し、アマチュア無線技術の研究や深宇宙との長距離通信に関する研究を行っており、共同研究を受け入れることとした。運用は2021年度になるが、2020年度には必要となる電波利用申請やアマチュア無線局登録などの準備を進めている。またOMOTENASHIが月着陸をするタイミングで日本が月と通信可能な位置にあるかは打上直後まで判明しないため、JAXAと協力して世界のアマチュア無線家と連携を目指したキャンペーンを実施すると同時に、減少を続ける国内アマチュア無線家の育成事業にも今後、取り組んでいく予定である。

また超小型衛星の打上・運用を計画している(株)三菱重工業より依頼を受け、S波の送受信に関する共同研究を行うこととして、調整を開始した。三菱重工業ではこれまでに多くの大型宇宙機の打上・運用を行っているが、超小型衛星では未だ失敗が続い

ている。そこでUNIFORM-1などの運用実績を有する本学が協力し、共同実験として三菱重工業が打ち上げを行う超小型衛星の運用に協力を実施する事とした。2021年の共同研究締結・運用を目指し準備を進めている。

3.3 地域産業活性化／人材育成

別プロジェクトとして開発・設置・運用を進めているLoRaWANを使ったIoTシステムでは、地上回線と同じノード（センサー）を利用して衛星経由で情報を集めることが可能である（図4）。本システムのノードは10分おきにデータを送り続けたとしても、単三電池2本程度で半年運用が可能なのは実証済である。また太陽電池パネル等を使うことで、より長期の運用も行う事ができる。そこでこれら小型・小電力のノードを山間部等に設置し、衛星を使って直接情報を集めることができれば、山岳地帯のような携帯電話網等の地上通信網が使えない場所に関する情報を収集することができる。我が国の山岳部ではほとんど地上回線が使えないため、このような衛星利用による効果は大きい。既に欧米では4機の衛星を打ち上げ、定常的な試験運用を開始しているが、我が国は過去に1機を打ち上げ、その1機も既に運用を終了している。そこで今後、地上でのノード／GWの設置を進めながら、将来的には衛星を使ったデータ収集のための枠組み作りが重要となる。

本プロジェクトでは京都にある醍醐寺・テラスペース(株)と協力し、地上回線及び衛星回線の両方を使ったIoTシステムの構築に関して検討を行い、京都府や(株)セコム、(株)ヤマトプロテック等とも相談し、コンソーシアムの設置を進めることとした。これに基づき、2021年度にはコンソーシアムの設立お

よび外部資金の獲得を進め、地上のIoT運用と併せて衛星搭載用のIoT受信デバイスの開発にも着手する予定である。またテラスペース社は2023年にも試験衛星の打上を予定しており、IoT受信デバイスの搭載や地上に置かれたノードからの受信テストなどを、今後も継続して実施する予定である。

和歌山大の地上局群は、NTTファシリティーズ社がインテグレータと成り、和歌山の地元企業が協力して安価に製造を行った。大手の中央メーカーに依頼すれば12m局は十数億円、3m局は数億円の建設費に加えて、毎年高額なメンテナンス料が必要とされている。しかし和歌山大局では12mは約1.5億円、3m局は数千万円で建設を行い、年間100万円以下のメンテナンス費で運用を行っている。これはみさと天文台への電波望遠鏡の移設に始まる長年の和歌山大学と地元企業による研究により、必要最小限の機能を持ったアンテナの設計・製造ができるようになった成果がこの低価格の製造・維持費に繋がっている。これらアンテナの移設・新設に加わった中心的技術者が現在勤務する(株)赤井工作所では、和歌山県庁の産業育成策の一環として、アンテナ製造・販売を計画している。そこで赤井工作所と協議を行い、2021年度には和歌山大も依頼業務として赤井工作所が製造したアンテナの評価試験等に協力することで合意することができた。

2020年12月初頭に、JAXAのはやぶさ2探査機が地球近傍を通過、小天体リュウグウで回収したサンプルを搭載したカプセルを地球に向けて放出すると同時に、軌道を変えて新たな探査対象天体へと飛び立った。深宇宙探査機による希有な機会を利用し、電波観測実験を行った。和歌山大学では2015年にもはやぶさ2の地球スイングバイ時に観測を行っていたが、技術担当スタッフも交替していることから、まずはその前哨として2020年10月に日欧協力の水星探査ベピコロンボの地球スイングバイ時に観測を行い、必要な器機やシステムを整えて、観測を成功させた。また今回はOMOTENASHIの運用調査も兼ねて来校されたJAXAメンバーと共に地球スイングバイ時のドップラーシフト等の電波観測を行った。前回は最接近時数時間の観測に留まっていたが、今回は接近時の3日間に加え、地球から約395万km（地球一月距離の10倍以上）にまで遠ざかる14日間に渡



図4 LoRaWANを使ったIoTシステム図

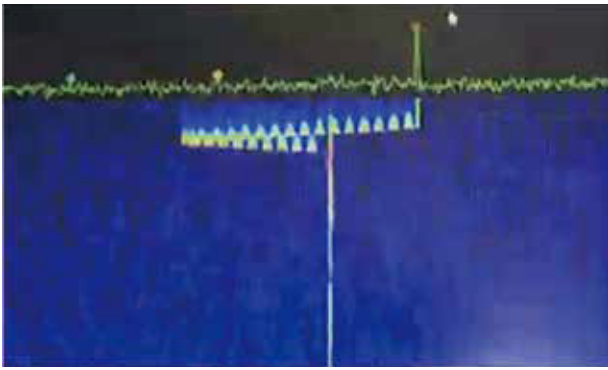


図5 和歌山大12m局によるはやぶさ2地球スイングバイ時の「スイープ」現象の観測（JAXA提供）

り観測を実施する事ができた。観測では想定どおり、地球自転に伴うはやぶさ2と和歌山局の相対速度変化から生じるドップラーシフトを観測すると同時に、「スイープ」と呼ばれるJAXA地上局切替時に見られる周波数変化についても捉えることができた(図5)。観測されたデータは2015年次と同様、和歌山信愛高等学校に提供し、高校生達による分析・評価を実施している。この結果は2021年中に高大連携教育の成果として発表を行う予定である。なお、はやぶさ2の地球スイングバイの光学での追跡は、2015年のはやぶさ2スイングバイの時に続き、和歌山大学の60cm反射望遠鏡でとらえることができた。

4. 今後の予定と問題点

2020年度に引き続きUNIFORM-1の運用を継続しながらアンテナ群の維持・運用を実施する予定である。また文科省からの委託事業費で整備したNASA

のCYGNSS衛星群の極東バックアップ受信局としての業務も継続して実施する必要がある。その他、テラスペース社のIoT衛星や三菱重工業の超小型衛星との共同研究も予定されており、それらに向けた人材育成も継続して実施する。外部機関による緊急時衛星運用業務の依頼なども予想されるため、これらに備えた対応も進める。また高大連携や大学内の教育・人材育成事業として、アンテナを使った電波観測・通信実験、UNIFORM-1などの衛星と併せた衛星運用に関する人材育成なども、外部依頼に基づき実施できるように対応を進めたい。

これら衛星・アンテナ群は既に外部資金獲得総額15億2300万円（本学配分2億4100万円）の獲得に成功しており、本学でも希有な設備・体制であると言えるが、その学内での位置づけは迷走している。元々は宇宙教育研究所所属として開発・整備を行って来たが、学内での組織統廃合により一昨年度まではその業務は災害科学教育研究センターに引き継がれ継続してきた。しかし現在ではその後の継続が学内では宙に浮いており、人員・機材は災害科学・レジリエンス共創センターに所属しているが、活動内容としてはクロスカル教育機構（教養・協働教育部門）での実施となることも多い。2021年度以降も外部からの引き合いは多く、様々な共同研究・委託事業が予定されており、今後も多くの資金獲得・人材育成・地域貢献が期待できる設備であり、安定的なバックアップ体制の構築が望まれる。